

连接正式与非正式学习的 STEM 教育 *

——第四届 STEM 国际教育大会述评

江 丰 光

(北京师范大学 教育学部, 北京 100875)

[摘 要] 第四届 STEM (Science、Technology、Engineering、Mathematics) 国际教育大会于 2016 年 10 月在北京师范大学举行。来自国内外的专家学者对 STEM 教育技术创新、学生职业选择、STEM 教师教育与培训、STEM 教学设计与实践、STEM 学习理论、不同教育阶段中的教育实践经验与评估等议题进行了分享与交流。文章最后对该会议的报告与论文进行了总结, 并提出 STEM 教育的未来展望。

[关键词] STEM 教育; 教学创新; STEM 国际教育大会

[中图分类号] G434

[文献标志码] A

[作者简介] 江丰光(1981—), 男, 台湾彰化人。副教授, 博士, 主要从事 STEM 教育、学习空间、信息技术创新学、学习科学等研究。E-mail: fkchiang@bnu.edu.cn。

一、大会介绍

2016 年 10 月 26 日至 28 日, 北京师范大学教育技术学院成功承办了第四届科学、技术、工程和数学国际教育大会 (The 4th International STEM in Education Conference, 简称 STEM 2016)。大会主题为“连接正式与非正式的 STEM 教育”, 来自世界范围内十多个国家的约 200 名学者与会并分享了他们在 STEM 教育领域的学习研究与创新实践成果。会议旨在为全球的教育者和研究者提供一个交流平台, 分享来自高校、中小学、研究机构以及工商业领域在 STEM 教育中的探索经验, 从而更好地推动全球范围内的 STEM 教育发展。国内外共四位专家作了主题演讲, 68 名学者分享了自己的研究成果。历时两天半的大会由主题报告、工作坊、学术报告和海报展示等四个部分组成, 分别探讨了 STEM 教育技术创新、学生职业选择、STEM 教师教育与培训、STEM 教学设计与实践、STEM 学习理论、不同教育阶段中的教育实践经验与评估等。

二、STEM 教育技术创新

笔者分析国内外 STEM 教学案例与此次大会中所发表的案例, 总结出 STEM 教学的八大要素: 做中学、科学探究与工具使用、跨学科整合、基于问题的学习、基于项目的学习、真实情境下的活动中学习、要求合作学习解决问题、学习者自主探究建构知识。本次会议中的汇报多处体现科学探究与工具使用, 这一要素鼓励 STEM 项目中学习者运用科技工具或系统平台进行学习, 营造在线和线下融和的学习环境, 契合本届会议的主题。

1. 国外创新智慧学习平台

美国学者的研究中强调建立学习系统与学习平台, 提供学习过程中的探究、支持不同类型的学习诊断与评估。Marcia 基于网络探究式科学环境——WISE 平台项目, 通过该平台促进学生对科学知识的深层理解与知识内化。Marcia 教授通过多年来的研究指出, 教师、学生与教学辅助工具三者之间相辅相成, 教师可以指导学生, 同时教师通过教学辅助工具监督

* 本文所涉及的第四届 STEM 国际教育大会会议论文均未公开发表。

学生的学习过程,学生借由辅助的信息技术工具提升学习能力。具体来说,促进知识整合的方式有以下三种。(1)通过 WISE 平台使交互形象化。研究表明动态和数据都可促进学生学习,但动态会使学习效果更好。图表可以促进学生迁移,这种可视化特征能指导学生。而 WISE 通过动态的可视化,使得复杂的科学知识得以整合。(2)学生通过自主构建和平台上分享的观点等来共享知识和相互学习。通过公共知识库,能使想到更多不一样的观点,实现学生在科学中不仅仅是观察者,还是知识创造者的角色。(3)教师在课堂上使用 WISE 的教师界面可以实现对学生个性化指导,从而帮助学生进行知识的整合。^①

ACT Aspire 在线评估系统为 K-12 STEM 教育提供洞察力,ACT Aspire 是可以提供学习和评估功能的一个整合在线系统。在 STEM 教育中的使用情况为:科学 36%、数学 41%、阅读 44%、英语 61%,主要用来衡量学习者升学和职业准备的进度。评估基于对学习者纵向数据的记录,监控学生学习的整个大学和阅读生涯的发展和进程。对于课堂和交互评估来说,ACT Aspire 是基于课程标准,阶段性地评估学生对概念和技能的理解。这些形成性评价帮助学习者实现短期的进步,提供了适应性学习和区分性教学的价值数据。这种新型评估为教师、学生、家长、学校管理者提供了及时反馈,使他们对学生的 STEM 概念理解方面的能力有更清晰的认识。评估数据可以纵向考察学习者在数学课和科学上的进步,并及时进行教学和策略调整^②。

加拿大学者亦使用在线平台开展 STEM 教师教育与在线课程。Marina 教授介绍了 STEM 教师教育中技术增强协作学习课例的三个案例,并且通过让英属哥伦比亚大学的参与者参与三个不同的技术增强协作学习课例,验证了方法的有效性。(1)电子反应系统支持下的同侪教学,支持教师如何进行提问。(2)PeerWise 支持的协作问题设计,帮助教师深化内容知识并帮助他们学会提供建设性的反馈。(3)CLAS

(Collaborate、Learn from each other、Annotate、Share)支持下的同侪微课程分析中,教师在 CLAS 平台上录制微课,并进行反思,教师通过对同侪的学习反复斟酌完善他们的教学。^③所有这些方法证实了积极参与和同伴协作的重要性,同时为 STEM 学习提供了新的方法。

大众开放在线课程 MOOCs 吸引了全世界众多学生的关注,但仍然存在不能满足个性化学习需求的问题。Zhao, Ma, Petrina, Winne 及其团队基于现有的 MOOC 和 Edx 框架进行了创新,开发出一个智能的学习和课程管理系统——The Smart Learning System,使交互式与个性化的开放学习成为可能。并且对 The Smart Learning System 中的 SMART 进行了界定,指出他们的 SMART 包括两个方面的重要变量:敏捷性与响应能力。敏捷性指系统识别不同的输入、问题或使用方法等。响应能力指系统对输入和使用过程中产生的问题或困难的期望与解决。并对学习者的自我控制进行了界定,认为自我控制是个体控制思维和行为以达成个人目标并响应环境因素的能力。The Smart Learning System 平台具有以下几个特点:(1)平台上的课程对学生免费开放;(2)为学习者提供认证证书;(3)为学习者提供学习分析服务;(4)能与实际的虚拟教室相整合;(5)支持移动端的学习;(6)与 3D 虚拟世界相整合。^④

赫尔辛基大学的 Maija Aksela 教授介绍了芬兰的 LUMA 模式,这种模式在芬兰 LUMA 科学中心开展教学,旨在激发和鼓励 3 至 19 岁的孩子和年轻人通过最先进的科学和技术教育的方式,学习数学、科学和技术。目前已有的活动包括编程的乐趣、艺术与科学的结合、教师职前培训、校园旅行活动、与高校间的合作、教研中心的设立及夏令营等活动,这种寓教于乐的教学模式可以为国内的教学变革提供参考借鉴。

昆士兰大学的 Vinesh Chandra 教授等人提出在发展中国家通过 STEM 学科创造新的学习机会的途

① LINN M C. Leveraging advances in technology to improve STEM teaching and learning. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

② RICH C H, MATOVINOVIC D. ACT aspire online assessment system designed to provide insights to inform K-12 STEM education. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

③ MILNER-BOLOTIN M. Three examples of technology-enhanced collaborative pedagogies in STEM teacher education: from theory to research-informed practice. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

④ ZHAO J J, MA M, PETRINNA S, WINNE P. Smart learning system. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

径:SEE Box。STEM 学科概念如何与全球结合,尤其是发展中国家,显得尤为重要,SEE Box 则是一个陈述如何结合并且取得进展的工具,它是一个由 Rachel Pi 发展而来的线下资源库设备,包含约 35 千兆字节的适合 STEM 和其他学科的资源工具。这个发现将有助于发展中国家将 STEM 教育提前提上日程,它为教学资源打开了一个新世界。对 SEE Box 的介绍也证明了资源可以影响师生的知识和对 STEM 的理解,也有助于教师驱动转换为学生中心的教学形式。而在澳大利亚的大学与斐济和马来西亚的学校合作项目中,教职工和学生的参与又驱动着 SEE Box 向前发展。^①

2. 国内智慧学习平台的发展

国内学者有介绍创客平台系统开发与通过移动设备和智能设备进行 STEM 教育研究,也有以虚拟世界的科学生态实践活动的研究。北京师范大学傅骞副教授针对创客教育而开发的 Mixly 软件是一款开源的图形化编程软件,结合了 Java 和 JS 编写而成,具有跨平台、绿色、支持线下及软硬件结合等四个方面的优势。Mixly 具体应用在智能控制、机器人、智能小车、硬件计算等方面。^②Qi, Li 等人通过对一个用了语境意识教学创造性茶艺的高中做调研,来分析和总结语境意识的教学效果。结果表明,这种体系对学生学习有积极影响,不仅提高了学生的兴趣,还提高了学生的成绩。^③华东师范大学和罗星中学的教学团队介绍了一项中国中学生伴随虚拟世界的科学生态实践活动的研究。这项研究是为了调查虚拟世界对中学生科学实践的影响,在一个名为 Omosa 的虚拟世界中给学生提供参与真正科学实践的体验机会。这是一种混合模式,学生在这种课堂中,对科学探究的感知、行为以及

概念都有所转变。结果表明,Omosa 课程帮助学生更好地理解科学探究,同时,这样的科学探究实践对学生也是积极的学习体验。大多数学生表示虚拟情境高度互动和参与的特点对于科学探究是有趣和难得的,而学生对科学探究的理解也更牢固和灵活^④。台湾科学与工艺博物馆则通过技术的手段展出纳米技术,并设计“纳米——看不见的世界”在场馆进行展教合作^⑤。Lin 则通过出题优的交互工具促进 STEM 课堂的深度交流^⑥。

三、学生职业选择

美国最早发起 STEM 教育的缘由是希望学生在未来进入高校的时候,有更多人能选择 STEM 相关学科,以增加美国在科技创新与国际的竞争力^⑦。目前已有相关的研究聚焦学生 STEM 职业倾向。如 Shirley Simon 在本次会议上,就“是什么促使年轻人把 STEM 作为人生职业选择”这一问题做了主题演讲。调查表明:年满 16 岁的青少年选择 STEM 的人数较少,来自底层家庭的学生选择自然科学的可能性更低。而影响因素从理论上来说主要包括:态度如何影响学生职业的选择、学习的动机和兴趣、自我意识和自我认同感、在项目中的成就、日后成为科学家的可能性、职业的预期值、科学资本。Shirley Simon 教授对青年在 STEM 方面职业选择的影响因素进行探讨,研究表明,学校教学环境、家庭以及学生学习兴趣都会对 STEM 职业选择有影响。^⑧Lyons, Quinn, Wilson 等人关注 STEM 课程中女生的表现,采用问卷法调查了 1547 名大一学生在男性主导课程(物理学、天文学、工程学、信息技术)上的期望和态度。研究发现,学生对课程的兴趣、社会适

① CHANDRA V, POLZIN G, MEDLAND R, O'FARRELL K. The SEE Box: creating new learning opportunities across STEM disciplines in developing countries. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

② FU Q. Research on development and application of an open source software named mixly for maker education. 4th International STEM in education conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

③ QI H, LI Q. Context awareness technology support for the high school class——“Creative tea art design with high school courses”. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

④ XU G T, ZHANG C L, YANG X L. Research on Chinese middle school students' scientific practices of ecosystem with the affordance of virtual world. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

⑤ CHEN H. Workshop title: Learning through Minecraft. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

⑥ LIN K W. Interactive application of digital tools in science and engineering courses. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

⑦ SIMON S. To choose STEM or not: what inspires young people to make life choices in STEM? 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

合性、教学质量和完成课程的意图等方面没有显著的性别差异。但与男生相比,女生在这些课程上的自信心更弱,非常不相信自己能在这些课程中表现出色,也倾向于在这些课程上花费更少的时间,且这样的认知感在女生中非常普遍。^①所以,在STEM课程中应该给予女生更多的鼓励,增强其自信心。

四、STEM教师教育与培训

目前STEM教育中最为缺乏的就是STEM师资,有跨学科经验与课程开发能力的教师,才能带动且影响课程的变革,因此各国在STEM职前与在职教师的培训上加大力度。目前STEM教师教育中的研究包括在职教师的调查与培训,针对职前教师开展培训课程设计与系统平台等培训环境的多元开发等。

1. 在职教师的调查与培训

Milner, Jungsook 通过问卷法调查了加拿大、中国和韩国三个国家STEM教育工作者对于技术的看法,包括教师如何看待他们的教学内容、教师如何看待在教育中使用技术、教师认为在教育中使用技术有何局限性。研究发现,加拿大教师普遍认为技术可以作为提升学生个性化学习效果的工具,中国教师主要认为技术可以作为提高学生作业质量的工具,韩国教师认为技术可以作为提高学生对知识认知能力的工具。^②龙丽嫦进行了基于项目学习的创客教师培训研究,不同于传统的讲座式培训,该培训以实训为主体,支持教师受训后能够开展学习和工作,研究包括培训目标、课程内容结构、培训实施、培训评价等,成为创客教师培训体系。对创客教师培训的研究流程主要为:一是培训课程设计,主要包括价值取向、课程目标、课程构建;二是培训实施设计,要估算培训实例与培训目标的匹配性、主讲导师与助学导师的师生比、学习起点与学习难度的适切性、主讲导师对项目学习的把握度等;三是构建培训模式,主要有双导师策略、

环境场策略、学习组策略、评价导向策略。该培训项目采用“Pi+Ti”制培训模式,在四轮行动研究中均取得了非常好的评价反馈,满意度达100%,卓越度达85%以上。^③

2. 职前教师的培训研究

澳大利亚特别重视职前教师STEM教育与训练,在澳大利亚针对职前教师通过虚拟教室开展培训、数字化技术结合培训、开发跨学科领域的创新课程等多元的做法,目的都旨在提高职前教师STEM专业知识水平。传统的职前教师教育主要发生在大学课程和学校实习这两个空间中,而Watters和Diezmman提出了第三空间的概念,即利用互联网技术和多媒体技术营造的虚拟教室开展职前教师的教学训练。结果发现,参与过三种空间的职前教师能够关注学生的更多细节,更好地组织学生参与讨论,提高学生的坚毅品质和对挫折的能力。^④这将有利于缩小职前教师理论知识和实践能力之间的差距,弥补传统空间中的不足。Diezmman, Watters 针对目前教育实习环节中教学时间短、教学模式单一等问题,建议职前教师教育与数字化技术结合,教师要善用多媒体技术进行教学设计,并提出了几项目标设计:(1) 创建网络资源的集合——资源豆荚(Resource Pod),包括可以激发学生思考的课堂教学视频、教学制品、教育者的教学评论,以及学科教学专家的学科评论;(2) 创建关于教和学的专业化对话平台——Pod Chat,便于职前教师、教育工作者和学科专家进行交流;(3) 非正式学习平台——Pedagogy on Demand (POD),提供资源豆荚的获取途径,将在教师教育项目之外的Pod Chat存档。^⑤此外,Fraser, Penson, Seen, Beswick, Whannell 等人针对全球范围内学生在数学和科学两个学科中参与度较低的问题,为数学和科学职前教师开发了一门创新课程。这种跨学科课程的主要挑战是不同学科成员之间的合作问题,从而提出“不同学科背景成员间

①LYONS T, QUINN F, WILSON S. Girls thriving in geek courses. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

②MILNER M, JUNGSOOK O. A comparative study of STEM educators' views of technology: a case of Canada, China and Korea. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

③龙丽嫦. 基于项目学习的创客教师培训研究. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

④WATTERS J J, DIEZMANN C M. A multimedia third space to enhance pre-service teacher education. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

⑤DIEZMANN C M, WATTERS J J. Using resource pods to re-envision pre-service teacher education in mathematics and science. 4th International STEM in Education Conference. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

的文化差异如何解决?”“个体如何将自己定义为特定学科或学术文化中的成员?”等相关问题。研究发现,数学家、科学家以及教育家在合作过程中可能遇到的挑战包括:(1)对学科知识和学生发展两者重要性的判断;(2)价值观、信念和角色定位的差异;(3)在自己不是特别擅长的领域内的相关表现等。针对跨学科建设提出了学术中间人(Academic Broker)的概念,认为不同学科背景成员相互分享知识的过程是非常重要的。^①

3. 国内职前教师的调查与培训探究

Lu 与 Jiang 对 115 名中国数学师范生进行了访谈调查,结果发现,有 80% 以上的学生不知道 STEM 是什么,并且认为将 STEM 复杂课程应用于基础教学的必要性很低,特别是应用于小学。STEM SOS 模式为舞台中的 STEM 学生,可以理解为成为 STEM 课堂中的主角,教师给学生传递新概念,学生通过观看相关视频学习并且完成学生教学的任务。在 STEM SOS 学习模式中,由高到低的顺序是动手实践活动、学生的项目、学生的教学、演讲部分。结果显示:被试认为学生通过 SOS 模式得到最多的是 21 世纪技能,第二是学术上的获得。^②

五、STEM 教学设计与实践

STEM 教学设计是中小学教师迫切的需求,在课程开发上需要结合本土课程标准与学科整合,设计能力与专题导向项目,让学生能在项目中培养带着走的能力。在大会上除了机器人与学科整合的教学、软件应用到不同学科的工作坊介绍外,目前国内的中小学校已开展的 STEM 项目也是会议的主要关注点。

以果蝇为主题的项目式学习活动,主要涉及学科概念(包括科学概念、技术概念、工程概念和数学概念)和跨学科过程与技能(包括观察、收集信息、组织与解读信息、比较/对比、问题解决、沟通与表达、设计与创造)^③。运用乐高教具辅助物理学科创新教学方法,研究在八年级物理力学课堂上使用乐高材料对学生探究式学习效果的影响。研究发现,使用乐高材料进行教学,学生更容易理解比较难的物理知识,且对中低层次学生的影响更为显著^④。刘敏,李丰江,刘美玲,江丰光以星象指南为主题进行学科整合的教学活动设计,并评估学生对该主题课程的学习效果。教学评价结果表明工具的使用及实践活动的设计可以极大地激发学生的学习兴趣,提高学习效率。^⑤Dong, Zhang, Chiang 通过在中国科技馆举办以传输为主题的“小小工程师”活动,对积木教学模式进行了探究。教学活动中采取 Q4E 教学法:Questions (问题)—Explore (探索)—Explain (解释)—Expand (拓展)—Evaluate (评价),让学生利用 K'NEX 积木完成一系列“搬水任务”。将探究式科学教育与工程设计中的问题解决结合起来,设计出面向中小学生的基于“大概念”的 STEM 课程模式。以“LED 可穿戴产品”课程实例来证明基于“大概念”的 STEM 课程模式在教学实践中的成效。^⑥

六、STEM 学习理论

目前已经有学者探讨 STEM 的相关理论,试图了解 STEM 教育中情感体验与学习的关系、数学学习的语境支持有效的数学学习、STEM 教育的哲学基础等。James 与 Alberto 介绍了在科学学习中情感体验与学

①FRASER S, PENSON M, SEEN A, BESWICK K, WHANNELL R. Cross faculty collaboration in the development of an integrated mathematics and science pre-service teacher education program. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

②LU J J, JIANG P. A study on the recognition to STEM SOS model in Chinese mathematics normal students. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

③YANG D, HE K Q, LIU L CH, LIU M. From STEM project-based learning to authentic science practice: a case study. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

④CHIANG F K, DIAO S Z, MA, H T, WANG Y J. Effects of hand-on inquiry based learning using LEGO materials on the learning of eighth-grade physics students. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

⑤刘敏,李丰江,刘美玲,江丰光.基于 STEM 的三年级星象指南课程设计与评估. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

⑥DONG T T, ZHANG Y Y, CHIANG F K. The study of teaching model in building blocks based on K'NEX. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

习和理解的关系。研究者定义一种特殊形式的情感能量为“概念夹带”。在一个对初中学生的实证研究中发现,概念夹带可能在形式上不引人注目、平淡无奇,但却是一种潜在的情绪力量。在经过方法论和微观社会学指引下的理论分析后,概念夹带最终定义为一种情形,这种情形下,有证据表明,在一对相互作用中对共享的知识有强大的关注。这使得研究者推论这种概念夹带是一种表面不易觉察的情感能量,而这对科学知识共享的形成十分必要。^①Kwesi 与 Samson 则从数学学习的语境支持这个角度切入,汇报了他们对加纳乡村的父母和孩子所作的实证研究。研究发现,当地语境下“正确地找出零钱”是父母训练孩子的做法,在他们看来这能够预测孩子的数学能力,并对孩子未来在数学上的努力有所帮助。^②这种洞察父母对孩子数学学习的影响研究发现,提醒教育者要关注学生的社会背景和已有经验,并在教学中利用这些知识经验去促进学生更好地学习。广岛大学 Kageyama 教授进行了一场“迈向 STEM 教育初始本土哲学”的汇报。报告中提出了一个可能的 STEM 教育的哲学基础。通过分析 STEM 教育的哲学根源,他建议 STEM 教育要包含问题解决活动,例如:在复杂社会下学生通过质疑来处理事务。他提出了两条哲学观点——整合和制作,制作的重要意义就在于整合知识。^③所以,未来 STEM 教育的发展方向应当是关注情境认知,通过实施任务和探究式教学让学生把知识经验内化为道德。

七、不同教育阶段中的教育实践与评估

本次会议中有大量的研究与案例,分别来自不同教育阶段的教育实践与评估。

1. 小学阶段

小学阶段开展的 STEM 课程中,Choi 和 Yoo 将艺术融入科迪的科学数学天才教育项目的课程中,并进行了 32 节课的暑期课程实验,结果表明,该项目提高了小学生的科学性和自我效能感,有较高数学和科学成就的小学生比平均水平的学生在科学态度和学业自我效能感方面获得更显著的提高^④。

2. 初中阶段

在初中阶段开展的实践有 He, Lin, Liu, Qi 融合数学和科学的课程设计——“探索超级地球”,用一个符合知识发展和学习轨迹的整合型并有意义的故事线来教导七年级学生学习“科学符号及相关运算”。研究表明,在经历科学探究的“提出问题”“分析数据”和“得出结论”过程后,学生能够逐渐掌握科学符号和一些相关的具体概念,这样的课程实施对学生学习是有效的。^⑤另外,针对偏远地区国中生的非正式科学课程,研究者利用科技内容教学知识架构,作为各项创新课程的开发工具,包括利用 Hours of Code 教导学生学会 Scratch,以及在科普阅读中使用社交网站(Facebook 和 ClassCraft)作为教学的行动研究。这一系列非正式科学创意教学方案的质性研究经验,将成为其他小规模学校导入课程、开发与设计的参考^⑥。

来自北京师范大学、首都师范大学和北京大学附属小学的研究团队测重评估研究,他们基于七个地区的针对八年级数学学习成效及其影响因素的调查研究,通过自己设计的问卷,调查了大陆 170748 名八年级学生,结果发现:八年级学生普遍得分较高,但数学应用上的得分比率比知识掌握要低,并且地区间的差异体现在高水平学生之间。最后,研究还发现,教学方式、教学表征、数学表征以及思维倾向都对学生数学

① DAVIS J P, BELLOCCHI A. Emotional energy in learning science: a study of conceptual entrainment. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

② YARO K, NASHON S. Contextualized support for mathematics learning: the case of rural ghanaian parents and their children. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

③ KAGEYAMA K. Steps to the first, local philosophy of STEM education. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

④ CHOI J J, YOO M-H. The analysis of art-converged science and math gifted program's effects on scientific characteristic and academic self-efficacy of the elementary school students. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

⑤ HE S Q, LIN M W, LIU M L, QI C X. Project-based math-sci interdisciplinary curriculum design and teaching trajectory: A preliminary case of "Explore the super-earth". 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

⑥ 施佳成, 古智雄. 使用 TPACK 架构的工作室导向学习: 偏远地区国中生的非正式科学课程. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

成绩有所影响,而思维倾向是最大影响因素^①。

3. 高中阶段

在高中阶段开展的实践有日本的案例,Kazuaki, Kenzi 介绍了女高中生为“RIKE-JYO”的 STEM 实验。为了唤醒学生在中小学对 STEM 领域的兴趣,教育、文化、景点、科学和技术部门促进“女子高中学生选择科学课程”的计划。研究者在 2015 年的一个体验式科学讲座上,就利用“全彩 LED”和“LED 点阵屏”为教学用具做了该 STEM 实验。结果表明女学生肯定该活动。因此,研究者认为,唤起女学生在 STEM 相关领域的兴趣是有必要的。^②

4. 高等教育阶段

大学设计 STE 课程并与中小学合作实践的研究包括:Fu, Valley 将大学环境教育与 K-12 年级的学校连接起来的灵活学习课程活动。这个活动中,大二的本科生与温哥华 54 所中小学的学生参与了一个食物文化的工作坊。研究收集了大学生的反馈和对 K-12 年级教师的调查来评估学生的学习效果。结果显示,灵活学习的方法以它的灵活性和逻辑性,对大学生专业知识与技能的掌握和对中小学生环境意识的形成都有促进作用,中小學生还具有出色的行为举止和知识储备等表现。^③刘鹏飞和陈前宁从折纸中看 STEM 教育的重要性。他们认为来源于生活的折纸与数学原理、科学知识以及工程应用都有紧密的联系。^④Bogstad 重点关注了科学小说在科学主题上的适用性,科幻小说是指学生能够对科学产生兴趣的故事,使读者真正意识到与科学相关,科学与我们的生活相关。Bogstad 对《中国太阳》这部小说进行了介绍,并提议要多利用类似这样的作品、方式来普及科学知识,引导大众学

习,引导学生从故事中受启发。同时,介绍 Huo Guoyan、Wei Ran 和 Niu Junmei 三位学者将科幻绘画、科幻文学融于科学教育中的案例,提供了跨学科的实践意义。^⑤此外,林建庚进行了数字绘画跨学科协作学习探讨,将美术教育渗透于多学科教学和生活应用作为研究点,进而延伸到教与学方式的改变,构建整体化、个别化、自主化和多元化教育内涵于一体的课堂^⑥。Sandra, Monica, Elvis 通过 PBL 和实践调查促进了 STEM 内容的可理解性和可获取性^⑦。由于 ELs (英语学习者)教育背景、英语水平和母语水平的差异,ELs 面临着语言和文化的挑战,主要的挑战是在学习内容的同时还要学习新的语言,这样造成了较高的认知负荷。两位来自 Hartford 的教师,以阿尔巴尼亚语分别用传统的讲授型教学方法和基于问题的教学方法给在场的参与者上了一堂关于“导体和绝缘体”的科学课,让在场的参与者更能体会非英语母语的英语学习者在 STEM 学习过程中的困难,以及哪种方式更适合英语学习者的学习。通过使用 PBL, ELs 获取了丰富的情境知识并提高了语言能力。参与者在丰富的语言环境下,建立和验证假设,进行试验,交流发现并撰写结论。多种策略被应用到此过程中,如笔记、视频、讨论等。语言和内容通过教学方法整合在一起,使 ELs 能够在 STEM 课堂中获取成功的知识和技能。Gabriela, Armando, Barb 和 Pratim 使用 SNA 描述网络 STEM 专业学习课程的结构,促进教师间互动和合作,并且通过教师间的交流来确定这些专业学习的显著的概念。研究发现,教师往往与相同水平的教师进行交流,并寻求与同龄人的互动,而不是与教研团队成员互动。与此同时,教研人员的沟通占主导地位

①WANG R L, QI C X, DI H. On the eighth grade mathematics achievement and its effect factors——based on seven regions study. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

②YOSHIHARA K, WATANABE K. Valley a STEM experiment to establish female high school students as “RIKE-JYO”. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

③FU G P, VALLEY W. Connecting environmental education between university and K-12 schools: a flexible learning approach. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

④LIU P F, CHEN Q N. The STEM-education importance within origami. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

⑤BOGSTAD J M. Supporting STEM education through interdisciplinary science fiction texts: overviews and methods. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

⑥LIN J G, LI J C, CHEN M, GUO J S. Research on interdisciplinary collaborative learning of digital painting. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

⑦INGA S, QUINONES M, MINGA E. Making STEM content comprehensible and accessible to ELs via problem-based learning and hands-on inquiry. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

的是教训规划和教训设计主题,而不是 STEM 学科专题内容。^①

5. 校内外合作体系

此外,已有针对学校与社区合作共同推进 STEM 教育的研究。Kathy Smith 和 Ange Fitzgerald 提出学校与社区合作如何对恢复 STEM 教育有所帮助?通过三个案例研究,展示了小学教师和学校通过建立正式与非正式科学学习伙伴间的互利关系,促使学生形成对社区以及环境连接的意识的要求条件。通过这种方式,这些学校积极扩展了课程体系,包括在当代科学学习中对社会和情感方面的强调。从这些教师的故事和暗示中,该研究努力探索理解形成和加强学校与社区的合作关系,可能会对 STEM 教与学带来什么益处,从而振兴 STEM 教育的问题。研究者希望以这个问题为出发点来激发我们去做更多的思考,连接学校和社区的这种方式可能会对不同教育环境有什么影响,同时对正式与非正式连接的学习有什么启示,从而让我们更好地理解 STEM 教与学以及 STEM 在课堂上的呈现。^②

6. 跨年级整体课程体系

有学者将国外 STEM 教育的整体课程体系引入内地,Joe Lam 指出 STEM 项目解决方案的组成部分包括:学生用书、教师用书、工具箱、数字化资源以及评价和评估等方面。其中,学生用书的设计要以参与和探索为原则;教师用书要为教师提供清晰的教学指导;工具箱为学生提供项目实践需要的材料;数字化资源为在线学习提供支持,并为教师提供专业发展的服务,教师可以自主选择基础服务和高级服务;评估整合了形成性评价和终结性评价,从而进行科学和有效的评价,并形成评估报告。该体系的 STEM 课程主要分为 1~3 年级、4~6 年级、7~9 年级等三个阶段。^③

八、总结与展望

通过对本次大会学者的报告进行分析,可得出国内外学者所关注的 STEM 教育研究聚焦的五个方向。

1. 重视学科融合的教学设计

STEM 教育的基本核心精神之一为学科融合。学者们在学科之间的有机融合促进学生在面对真实情境下的问题解决、自主建构知识、探究学习等方面开展了一系列相关研究。

2. 提出学科中间人(Academic Broker)的概念

澳大利亚学者 Fraser, Penson, Seen, Beswick, Whannell 在本次大会上首次提出学科中间人这个概念,认为不同学科背景教师间相互分享知识的过程是非常重要的。学科中间人一般由参与过多个学科建设的教师担任,并且提出学校应该着重发展以老带新体系,以培养新的学科中间人。

3. 关注性别、职业态度、职业发展、职业选择

孩子是未来国家的主人翁,世界各国 STEM 教育研究者越来越关注孩子们对 STEM 学科的兴趣、职业态度与未来职业发展选择,并且分析职业取向上的性别差异。对从小扎根 STEM 教学理念植入孩子的学习历程,以增进未来 STEM 职业的选择。

4. 科技工具辅助 STEM 教育

学者们研究聚焦设计与开发 STEM 软硬件工具或科学探究学习平台等,以有效支持学生进行知识建构与科学探究。这方面的科学与科技学习平台的开发与探索在国外已有许多好的案例,并且提供了许多优秀的课件与资源等供一线教师们参考使用;目前,国内本土化的科学探究教学平台的开发上还较为缺乏。

5. STEM 师资培育与在职训练

美国国家科学院研究委员会于 2011 年发布了《成功的 K-12 阶段 STEM 教育:确认科学、技术、工程和数学的有效途径》的报告,并提出扩大 STEM 参与度,增强所有学生的 STEM 素养的教育目标;美国州长协会针对 STEM 教育行动发布了《制定科学、技术和数学教育议程:州级行动之更新》报告,并计划在未来 10 年中培养 10 万名 STEM 教师^[2]。可以发现对 STEM 师资培育的重要性,目前世界各国开设 STEM 系所的并不多,但已经有学者开始致力推动 STEM 职前与在职教师的培训活动。

①ALONSO-YANEZ G, PRECIADO A, BROWN B, SENGUPTA P. Exploring STEM professional learning: A social network analysis. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

②SMITH K, FITZGERALD A. Starting a conversation: How school-community partnerships might contribute to a reinvigoration of STEM education? 4th International STEM in Education Conference. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

③LAM J. Pearson STEM education solution: Cultivate 21st century talent with interdisciplinary knowledge and skills and innovative spirit. 4th International STEM in Education Conference, Beijing: Beijing Normal University, 2016.

STEM教育全球热潮下,目前世界各国已经展开STEM相关国际会议,本次会议国内外学者对STEM教育与研究间的交流,共同推进STEM实践与成功案例,未来STEM教育需要开展以下几方面的探索。(1)加强STEM师资培育。建议国内高校可借鉴国外大学在教育学院或工程相关学院开设STEM Program(学分班/学程),培养中小学STEM师资,以应对目前STEM师资缺乏的问题。(2)推进本土STEM创新课程。国内对STEM教育与创客教育的认识有较多混淆,认为创客教育就是STEM教育,因此推进跨学科融合的本土STEM创新课程设计有较大的需求。(3)

建设区域STEM教育生态圈。目前的STEM教育大致包含教室内的STEM课程、场馆学习与正式课程结合课程、学习共同体的STEM教育活动,三者形成区域STEM教育网络,最后形成STEM教育生态圈,促进STEM区域教育资源共建共享。(4)推动国际STEM教育学会,积极推进国际学术共同体。目前北京师范大学与国内外合办STEM年会的六所高校达成一致协议,共同推动成立国际STEM教育学会,并将北京师范大学设为秘书处。该学会每年召开一次STEM国际论坛,两年召开一次STEM国际会议,搭建国际学术交流平台,共同提升STEM教育质量。

[参考文献]

- [1] CURTIS T. Science, technology, engineering, and mathematics education: trends and alignment with workforce needs[M]. New York: Nova Science Publishers, 2014.
- [2] National Research Council (US), Committee on highly successful schools or programs for K-12 STEM education. Successful K-12 STEM education: identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics [M]. Washington: National Academies Press, 2011.

STEM Education for Connecting Formal and Informal Learning ——Review of the 4th International STEM in Education Conference

JIANG Fengguang

(School of Educational Technology, Faculty of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875)

[Abstract] The 4th International STEM in Education Conference was held successfully in Beijing Normal University in October 2016. Many prestigious experts and researchers around the world share and discuss many important issues in STEM education, such as ICT innovation, students career choices, STEM teacher education and training, instructional design and practice of STEM, STEM learning theories, experiences and assessments at different educational stages and so on. Finally, the reports and papers of STEM 2016 are summarized and the future trends of STEM education are suggested.

[Keywords] STEM Education; Instructional Innovation; International STEM in Education Conference